

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-051144

(43)Date of publication of application : 23.02.2001

(51)Int.Cl.

G02B 6/13

(21)Application number : 11-230176

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 17.08.1999

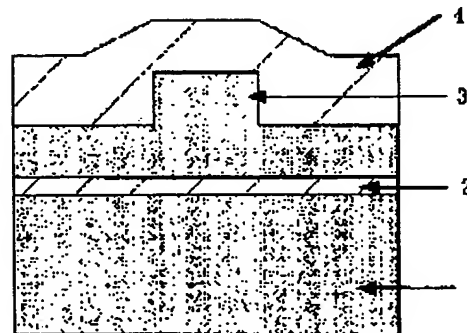
(72)Inventor : OGUMA MANABU  
OMORI YASUJI  
TAMECHIKA EMI  
SATO YASUHIRO

## (54) OPTICAL WAVEGUIDE AND ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enhance the strength of the core part of a rib-shaped semiconductor optical waveguide to eliminate the breakage of the optical waveguide in cutting.

**SOLUTION:** This optical waveguide comprises an insulating film 2 formed on the surface of a semiconductor substrate 1, an optical waveguide core part 3 of semiconductor material formed thereon, and a protective layer 4 of quartz glass formed thereon in a height equal to or higher than the core part. To manufacture this optical waveguide, thermally oxidized films are formed on two semiconductor substrates, the substrates having the thermally oxidized films thereon are stuck together, only one of the stuck substrates is precisely polished, the circumference is then etched so as to leave the core part 3, thereby forming the core part 3, and quartz glass is accumulated thereon in a height equal to or higher than the core part 3 to form the protective layer 4.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 24.09.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-51144

(P2001-51144A)

(43) 公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

テ-マ-ト (参考)

G 0 2 B 6/13

G 0 2 B 6/12

M 2 H 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-230176

(22) 出願日 平成11年8月17日 (1999.8.17)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 小熊 学

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 大森 保治

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100083552

弁理士 秋田 収喜

最終頁に続く

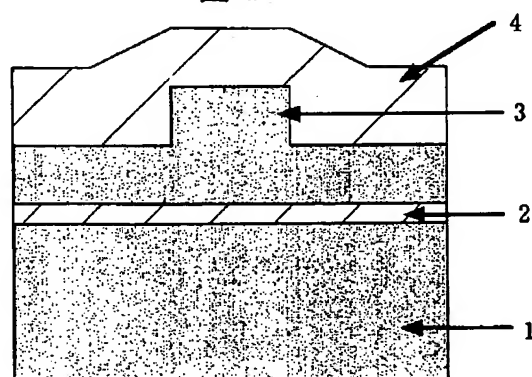
(54) 【発明の名称】 光導波路及びその作製方法

(57) 【要約】

【課題】 リブ型半導体光導波路のコア部分の強度を上げ、切断時の光導波路の破損をなくする。

【解決手段】 半導体基板の表面上に絶縁膜を設け、その上に半導体材料からなる光導波路のコア部を設け、その上に石英系ガラスからなる保護層を前記コア部の高さ以上に設けた光導波路である。また、2枚の半導体基板にそれぞれ熱酸化膜を形成し、この熱酸化膜を形成した2枚の基板を張り合わせ、この張り合わせた基板の片方の基板のみを高精度に研磨し、その後、コア部分が残るよう周囲をエッチングしてコア部分を形成し、その上に石英系ガラスを前記コア部の高さ以上に堆積して保護層を形成する光導波路の作製方法である。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板の表面上に絶縁膜を設け、その上に半導体材料からなる光導波路のコア部を設け、その上に石英系ガラスからなる保護層を前記コア部の高さ以上に設けたことを特徴とする光導波路。

【請求項2】 前記半導体基板及びコア部は、シリコンからなることを特徴とする請求項1に記載の光導波路。

【請求項3】 2枚の半導体基板にそれぞれ熱酸化膜を形成し、この熱酸化膜を形成した2枚の基板を張り合わせ、この張り合わせた基板の片方の基板のみを高精度に研磨し、その後、コア部分が残るよう周囲をエッチングしてコア部分を形成し、その上に石英系ガラスを前記コア部の高さ以上に堆積して保護層を形成すること特徴とする光導波路の作製方法。

【請求項4】 前記半導体基板及びコア部の材料としてシリコンを用いることを特徴とする請求項3に記載の光導波路の作製方法。

【請求項5】 前記石英系ガラスの堆積法として火炎堆積法を用いることを特徴とする請求項3又は4に記載の光導波路の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、例えば、光通信・光信号処理に用いられる光導波路及び作製方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光導波路の最小曲げ半径は、光導波路部分と周辺の屈折率差によって制限される。半導体などの高い屈折率を持つ材料は、大きな屈折率差を得ることが容易で、小型化・高集積化が求められる光導波路に適した材料である。

【0003】しかし、コア断面形状が矩形である半導体光導波路においては、逆に屈折率差が大きすぎるために、極めて微細な加工を施さない限りシングルモード光導波路にはならず、事実上作製は難しい。そのためコア材料と同種の半導体材料でコアの周囲を覆って微細加工条件を緩和させることが多い。結果として材料の持つ高い屈折率を導波路の小型化に活かされていない。また、ドーパント量の調整などでコアとコア周囲の材料間で微細な屈折率差をあわせなければならないという問題がある。

【0004】一方、リブ型光導波路は、周囲を同種の半導体材料で覆わなくても、シングルモード条件を得ることが容易で、矩形導波路の様な微細な加工を必要としない。さらに、加工する深さはコア断面の半分程度で十分という特徴を持つ。周囲を同種の半導体材料で覆う必要が無いので材料間での微細な屈折率差調整も必要ない。

【0005】図5に従来のこのようなリブ構造をしたシリコン導波路の断面構造を示す。この導波路はシングルモード条件を満たしている。コア材料として使われてい

るシリコンは、屈折率が3.48と大きく、下層の石英の屈折率1.44に対しても、上層の空気の屈折率1.00に対しても、極めて大きな屈折率差を実現している。

【0006】この様な大きな屈折率差と、シングルモード条件を満たす加工が容易であることから、小型化・高集積化が可能で廉価な光導波路として研究開発が進められている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】光導波路もICチップの様に切断して用いるが、ICチップの入出力が上面や下面から行うのに対し、光導波路では光信号の入出力は切断面から行うことが多い。

【0008】しかし、従来のリブ型半導体光導波路ではコアが空気にむき出しか、あるいは数 $\mu\text{m}$ 以下の薄い保護層が付いているのみで機械的な衝撃に極めて弱い。そのため石英系の光導波路で用いられているダイシングソーによる切断などの簡略な方法では、機械的衝撃のため切断面の破損が著しく、使用することができないため生産性が悪いという問題があった。

【0009】また、手作業による劈開でもリブ導波路構造では光導波路にとって重要なコア部分に応力が集中するのを回避できず、歩留まりが悪かった。入出力ポートが多いアレイ導波路格子などでは特に問題で、全てのポートが使えるように劈開するには、作業者の熟練が必要であった。その他の入出力部形成方法としては、チップ切断前にエッチングにより、光導波路端面を作るという方法もある。しかし入出力に用いる光ファイバの半径以上の深さまでエッチングで掘る必要があるなど、加工に非常に手間がかかる。

【0010】従来のリブ型半導体光導波路でも薄い保護層はあったが、光が通るコア部分を埋め込むほどでは無かったため、汚れやゴミから遮断するには効果あったものの、周辺部から突き出しているコア部分に応力が集中するのは回避できなかった。

【0011】また、コア材料とは異種材料の保護膜は、逆に応力発生源となることもあり、従来の薄い保護層ではリブ型光導波路の破損を回避することはできなかった。

【0012】一方、ポリマー系の材料を用いれば、コア部分の高さ以上保護層を作製することは容易で且つ大きな屈折率差を得ることは容易だが、弾性があるため半導体コア部分に生じた応力を逃がす役割を十分に果たせないという問題があった。

【0013】本発明の目的は、リブ型半導体光導波路のコア部分の強度を上げ、切断時の光導波路の破損をなくすることが可能な技術を提供することにある。本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本願において開示される

発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

【0015】(1) 半導体基板の表面上に絶縁膜を設け、その上に半導体材料からなる光導波路のコア部を設け、その上に石英系ガラスからなる保護層を前記コア部の高さ以上に設けた光導波路である。

【0016】(2) 前記手段1の光導波路において、前記半導体基板及びコア部は、シリコンからなる。

【0017】(3) 2枚の半導体基板にそれぞれ熱酸化膜を形成し、この熱酸化膜を形成した2枚の基板を張り合わせ、この張り合わせた基板の片方の基板のみを高精度に研磨し、その後、コア部分が残るよう周囲をエッチングしてコア部分を形成し、その上に石英系ガラスを前記コア部の高さ以上に堆積して保護層を形成する光導波路の作製方法である。

【0018】(4) 前記手段3の光導波路作製方法において、前記半導体基板及びコア部の材料としてシリコンを用いる。

【0019】(5) 前記手段3又は4の光導波路作製方法において、前記石英系ガラスの堆積法として火炎堆積法(FHD法)を用いる。

【0020】すなわち、本発明のポイントは、半導体光導波路において、石英系ガラスを用いてコア部分の高さ以上に保護層を堆積した光導波路である。

【0021】このように、半導体材料に対し大きな屈折率差が得られ且つ弾性が小さく機械的強度の大きい石英系ガラスを用いて、入出力部分が破損しやすい半導体光導波路のコア部分以上の高さまで保護層をもうけることにより、機械的衝撃が多い切断時にコア部分の応力集中を回避することができる。このため、熟練を要しなくても容易に切断でき、歩留まりよく、生産性の高い切断が可能になる。本発明は、特に、半導体リブ型光導波路に適用すると有効である。

【0022】以下、本発明について、図面を参照して実施の形態(実施例)とともに詳細に説明する。なお、実施の形態(実施例)を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【0023】

【発明の実施の形態】(実施形態1) 図1は、本発明による一実施形態の光導波路の概略構造を示す断面図であ

る。本実施形態の光導波路は、図1に示すように、半導体基板(例えば、シリコン基板)1上に絶縁膜(例えば、熱酸化膜)2を設け、その上に半導体材料(例えば、シリコン)からなる光導波路のコア部3を設け、その上に石英系ガラスからなる保護層4を前記コア部3の高さ以上に設けた光導波路である。

【0024】図2は、本実施形態の光導波路の製造方法における各工程の断面図である。本実施形態の光導波路は、以下の製造工程を経て作製する。

【0025】まず、図2(a)、(b)に示すように、2枚のシリコン基板8に熱酸化膜9を成長させる。その後、図2(c)、(d)に示すように、2枚の基板をホットプレス法で張り合わせる。そして、図2(e)に示すように、前記張り合わせた基板8Aの片方の基板のみを高精度に研磨し、シリコンの残厚が5 $\mu$ m程度になるまで研磨する。その後、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング法で、図2(f)に示すように、パターン幅5 $\mu$ mのコア部分10が残るよう周囲を2.5 $\mu$ mエッチングしてコア部分10を形成する。その後、図2(g)に示すように、火炎堆積法(FHD法)を用いて石英系ガラス11を12 $\mu$ m堆積して保護層11を形成し、本実施形態の光導波路を作製した。

【0026】図3に前述の方法により作製したアレイ導波路格子(AWG)の回路レイアウト平面図を示す。このAWGの各光導波路は、図1に示す構造になっているのは言うまでもない。光導波路の最小曲げ半径は、1.5mmでAWGのチップサイズは10mm $\times$ 15mmであり、4インチウェハ1枚から36個のAWGチップが作ることができる。このAWGは入出力部に各々8個の光導波路を有し、結果として1チップあたり16個の入出力光導波路を備えている。

【0027】比較のため本実施形態のウェハ16枚の他に、図2で示した作製工程のうち前記図2(f)までで作業をやめた保護層のないウェハを3枚と、前記図2(f)までの工程の次に0.5 $\mu$ mの熱酸化膜をつけたウェハ4枚とを作製した。前述の各種ウェハを劈開あるいはダイシングによって切断し、切断後の光導波路端面を顕微鏡観察してコア部分に破損がおきていないか調べた結果を表1に示す。

【0028】

【表1】

光導波路の形態		保護膜なし	熱酸化膜付き	FHD SiO <sub>2</sub> 厚膜付き
保護膜の膜厚		0	0.5 μm	12 μm
劈開	導波路良品率	86% 234/272	78% 849/1088	70% 381/544
	チップ良品率	24% 4/17	13% 9/68	41% 14/34
ダイシング	導波路良品率	11% 120/1088	19% 212/1088	98% 2666/2720
	チップ良品率	0% 0/68	0% 0/68	87% 148/170

【0029】ここでチップ良品率とは、AWGチップ1個にある16個の入出力光導波路の全てが良品である確率を言う。保護膜がない光導波路と、0.5 μmの熱酸化膜付きの光導波路とは、劈開とダイシングの両方において、さらには光導波路良品率においてもチップ良品率においても大きな差はみられなかった。しかし、本実施形態のFHD厚膜付きの光導波路においては、劈開による光導波路良品率を除いて、劇的な良品率の向上がみ

＊られた。

【0030】図4にこの光導波路良品率とチップ良品率の関係を示す。黒丸は劈開による前述2つの良品率の関係で、白丸はダイシングによる前述2つの良品率の関係である。太線は光導波路の破損が完全にアトランダムに起こると仮定したときの理論曲線で以下の式1で表される。

【0031】

$$\begin{aligned} \text{チップの良品率} &= \text{光導波路良品率のチップの光導波路本数乗} \\ &= \text{光導波路良品率の16乗} \cdots \text{式1} \end{aligned}$$

また、細線は光導波路の破損が切断面毎に起こると仮定したときの理論曲線で、以下の式2で表される。 ※

$$\begin{aligned} \text{チップの良品率} &= \text{光導波路良品率の光導波路を含む断面数乗} \\ &= \text{光導波路良品率の2乗} \cdots \text{式2} \end{aligned}$$

前記式1の理論曲線によれば、入出力光導波路が16本であるAWGチップの良品率を向上させて歩留まり50%を上回るには、光導波路1本毎の良品率が90%以上にあげる必要があることになる。そして、本実施形態の光導波路のダイシングによる切断では、極めて高い光導波路良品率を示し、80%を越えるチップ良品率が得られた。

【0033】本実施形態の光導波路の劈開による切断では、光導波路1本1本の破損しやすさよりも、保護層である石英ガラスがSOI基板の劈開そのものをより困難にしまうため式1の理論曲線よりも式2の理論曲線にあらう。実際に、劈開面毎にみると導波路良品率が100%のものと0%のものに2分されていた。入出力導波路が16本であるAWGチップにおいては導波路良品率が劣化するものの、結果としてチップの良品率は向上した。

【0034】以上、劈開によってもダイシングによっても、光導波路切断時のチップ良品率は大きく向上した。特に、作業者の習熟を必要とせず生産性も高いダイシングによる切断において、本実施形態による光導波路の効果は大きく、導波路良品率で98%、チップ良品率で8

7%という高い良品率であった。

【0035】前述した本実施形態では石英系ガラスの作製に火炎堆積法（FHD法）を用いたが、FHD法が石英系の厚膜を作製するのに適した方法であり、短時間で作製できるからである。例えば、CVD法、スパッタ法、高圧熱酸化法、あるいはこれらの作成方法を複数組み合わせで作製してもよい。

【0036】また、前述した本実施形態では、コア材料にシリコンを用いたが、例えば、InP、GaAsあるいはGeなどの半導体材料を用いて作製した光導波路でも良い。

【0037】以上、本発明を実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、種々変更し得ることは勿論である。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、半導体光導波路のコア部分の高さよりも高い（厚い）石英系ガラスの保護層を設けることにより、コア部分にかかる応力集中を回避し、ウェハ切断時に発生する光導波路の破損を低く抑えることができる。特に、ダイシング

ソーを用いて切断したとき良品率は向上し、また、入出力光導波路の多いチップを切断するときにチップの良品率を向上できる。そのため、本発明によれば、従来の光導波路に比べ、チップ切断時の歩留まりを向上させ、生産性を上げ、廉価な光導波路を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による一実施形態の光導波路の概略構成を示す断面図である。

【図2】本実施形態の光導波路の製造方法の各工程における断面図である。

【図3】本実施形態の光導波路の回路レイアウトを示す\*

\* 概略平面図である。

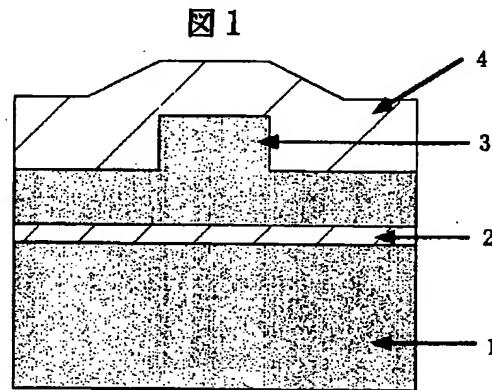
【図4】本実施形態の光導波路の回路切断後の導波路良品率とチップ良品率の関係を示すグラフである。

【図5】従来の光導波路の概略構成を示す断面図である。

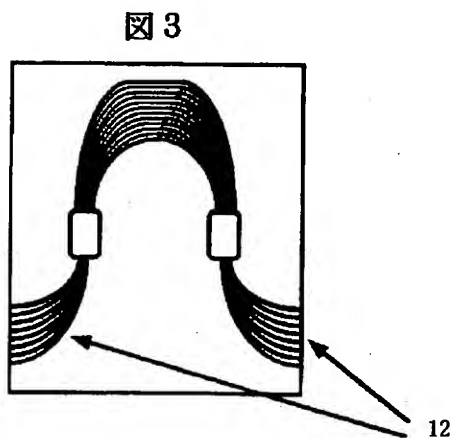
【符号の説明】

1, 5, 8...シリコン基板(基板)、2, 6, 9...熱酸化膜、3, 7, 10...コア部分、4, 11...石英系ガラス(保護層)、8A...張り合わせた基板、12...入出力光導波路。

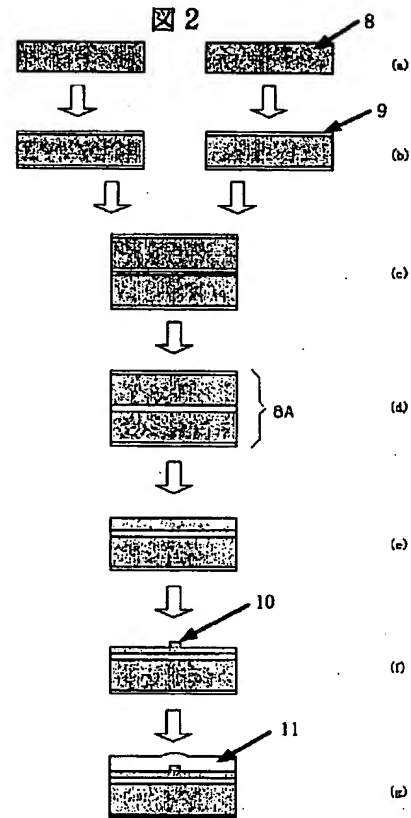
【図1】



【図3】

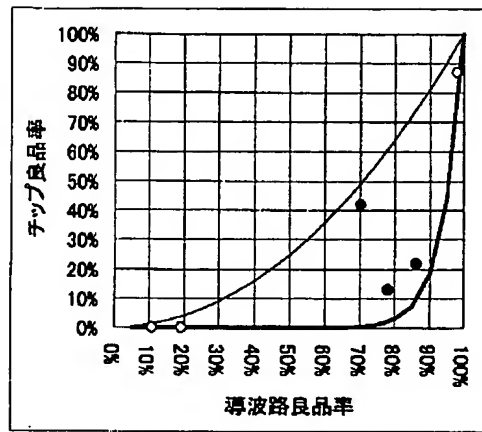


【図2】



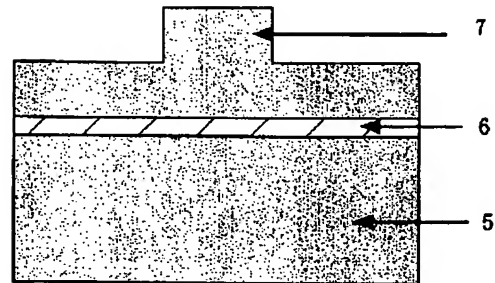
【図4】

図 4



【図5】

図 5



フロントページの続き

(72)発明者 為近 恵美  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 佐藤 康博  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内  
Fターム(参考) 2H047 KA02 KA05 KA12 LA01 PA21  
PA24 QA02 QA07 RA00 TA42